

KAJIAN SEBARAN MINERAL MAGNETIK SEDIMEN SUNGAI MENGUNAKAN METODA KEMAGNETAN BATUAN

Sifa Nurpadillah

STIKes Karsa Husada Garut, sifanurpadillah@gmail.com

Abstrak

Mineral magnetik berasosiasi dengan pencemaran lingkungan, yaitu dengan adanya kehadiran mineral Fe. Tingginya persentase kandungan Fe menunjukkan semakin besar kemungkinan daerah tersebut tercemar. Daerah kajian yang diambil adalah sungai Cikayambang dan sungai Ciayang Kabupaten Garut Jawa Barat. Sampel dianalisis menggunakan metoda suseptibilitimeter, XRD dan analisis kimia suspensi cair. Berdasarkan keseluruhan analisis, sungai Cikayambang mempunyai : mineral magnetik Fe paling tinggi adalah mineral magnetite (Fe_3O_4) dengan presentase Fe 72%, pH paling tinggi 9,3, konduktivitas paling tinggi $1046\mu S$. Sedangkan sungai Ciayang : mineral maghemite (γFe_2O_3) dengan kandungan Fe 70%, pH paling tinggi 8,4, konduktivitas paling tinggi $816\mu S$. Ini mengindikasikan sungai Cikayambang lebih tercemar dibanding sungai Ciayang. Hasil analisis XRD, sungai Cikayambang dan Ciayang mengandung unsur-unsur Ca, Na, Al, Si, Fe, Mg, C, juga pada titik setelah industri kulit ditemukan senyawa karbonat (CO_3). Kandungan logam berat yang ditemukan dari analisis XRD mendukung tingginya kandungan mineral magnetik Fe hasil analisis suseptibilitimeter.

Kata kunci : mineral magnetik, Fe, suseptibilitimeter, XRD, pencemaran.

1. Pendahuluan

Sungai Cikayambang dan Ciayang yang berhulu di daerah Cimuncang ini melewati daerah industri penyamakan kulit di Sukaregang Garut yang kemudian bermuara dan bertemu dengan Sungai Cimanuk di daerah Sukamentri. Sungai Cikayambang cenderung menjadi pusat pembuangan limbah industri jaket kulit dan pakaian serta asesoris lainnya. Sedangkan Sungai Ciayang menjadi pusat pembuangan limbah industri makanan kulit. Dari perbedaan fungsi kedua sungai tersebut, hipotesa awal adalah Sungai Cikayambang akan lebih tercemar dibandingkan dengan Sungai Ciayang.

Pencemaran yang berasal dari tempat pembuangan limbah industri kulit tersebut kemungkinan mengandung logam berat dan zat berbahaya lainnya. Metode yang digunakan selama ini untuk mengidentifikasi logam berat adalah metode kimia, biokimia. dan geokimia. Namun metode-metode ini mahal dan

membutuhkan waktu yang lama. Untuk itu, dikembangkan metode kemagnetan batuan sebagai metode alternatif. Metode kemagnetan batuan sering digunakan dalam kajian lingkungan menggunakan perubahan dan variasi sifat mineral magnetik dalam tanah, debu atau sedimen sebagai indikator dari proses yang terjadi di lingkungan.

Pada penelitian ini akan dikaji pengukuran sifat-sifat mineral magnetik dari sedimen sungai. Pengukuran sifat magnetik terhadap sedimen sungai yang terbentuk di hilir diharapkan dapat digunakan untuk mengenali jejak perubahan lingkungan di sekitar suatu daerah aliran sungai. Kajian sifat-sifat magnetik dapat memberikan informasi mengenai asal-usul dan sejarah magnetisasinya. Sifat-sifat magnetik sampel berkaitan dengan batuan asalnya, seperti batuan lapuk atau tanah, proses sedimentasi, proses pembakaran dan fermentasi tanah (Agustine, E., 1998). Dengan mengkarakterisasi buliran magnetik dari sedimen tersebut akan diketahui kondisi pencemaran yang terjadi. Hal ini

dikarenakan sifat-sifat magnetisme yang terkait dengan polutan tertentu seperti logam berat. Sampai saat ini belum ada penelitian magnetik yang dilakukan di DAS Cikayambang dan Ciayang ini. Sehingga penelitian ini merupakan penelitian magnetik awal, diharapkan bisa memberikan informasi tentang sebaran mineral magnetik sedimen sungai yang tidak lain sangat berkaitan dengan polutan.

1.1. Gambaran umum daerah penelitian.

Sungai yang menjadi objek penelitian adalah sungai Cikayambang dan sungai Ciayang. Kedua sungai tersebut mengalir melintasi areal pertanian, perindustrian dan pemukiman yang akhirnya bermuara di sungai Cimanuk. Sejak berdirinya kawasan industri, pada tahun 1942, kedua sungai ini berfungsi sebagai saluran pembuangan limbah industri kulit (Abi, 2007). Perbedaanannya sepanjang sungai Cikayambang terdapat banyak industri kulit untuk kebutuhan sandang, sedangkan sungai Ciayang didominasi oleh industri kulit untuk diolah menjadi makanan. Pada tahun 1965 mulai dilaksanakan industrialisasi dan penggunaan zat kimia pada produksinya (Abi, 2007). Berdasarkan peta penelitian kasus penatagunaan tanah (Badan Pertanahan Nasional, 1990), pada daerah penelitian (Sukaregang) terjadi tumpang tindih peruntukan lahan, yakni penggunaan tanah untuk industri yang juga digunakan sebagai lahan untuk permukiman padat.

1.2. Mineral magnetik

Studi kemagnetan batuan, sedimen, tanah dan mineral-mineral magnetik alammi biasanya melibatkan beberapa metode magnetik antara lain : pengukuran remanensi magnetik, suseptibilitas magnetik, kurva histeresis, serta pengukuran anisotropi magnetik. Selain metode di atas, dikembangkan pula metoda non-magnetik untuk identifikasi dan

karakterisasi mineral magnetik. Metode-metode non-magnetik tersebut antara lain : metode difraksi sinar-X (XRD) untuk identifikasi mineraloginya dan scanning electron microscopy (SEM) untuk identifikasi ukuran bulir dan derajat keteraturan magnetik (Tucker, 1990).

Mineral-mineral magnetik batuan di alam terutama terdiri dari keluarga *oksida besi – titanium* (FeTiO), hidroksida besi, serta sulfida besi. Selain *magnetite* (Fe₃O₄), oksida besi titanium mencakup mineral *ulvospinel* (Fe₃TiO₄), *hematite* (α Fe₂O₃), *ileminite* (FeTiO₄) dan *maghemite* (γ Fe₂O₃). Komposisi dari FeTiO ditunjukkan oleh diagram ternary TiO₂-FeO-Fe₂O₃ berupa deret larutan padat yaitu *titanomagnetite* dan *titanohematite* (Buttler, 1992).

1.2.1. Suseptibilitimeter

Suseptibilitimeter yang digunakan dalam penelitian ini adalah MS2System Bartington. Alat ukur ini dapat diaplikasikan untuk survey tanah dan geologi, paleomagnetik, prospek arkeologi, paleoklimatik, hidrologi, sedimen, core logging dan analisis magnetik pabrik. Selain itu, MS2System dapat digunakan untuk pengukuran suseptibilitas magnetik batuan dan tanah baik di laboratorium maupun di lapangan.

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah MS2System untuk penggunaan di laboratorium, yaitu dengan menggunakan MS2B sensor laboratorium. Alat ukur ini bekerja berdasarkan perubahan induktansi koil. Jika holder yang diberi sampel sedimen dimasukkan ke dalam MS2B, maka akan menyebabkan perubahan induktansi koil. Sensor MS2B terdiri dari frekuensi rendah 0,46 kHz (χ_{lf}) dan frekuensi tinggi 4,6 kHz (χ_{hf}). Persentase perbandingan pengukuran suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi dinamakan suseptibilitas frekuensi dependen, χ_{fd} .

$$\chi_{fd} = \frac{(\chi_{lf} - \chi_{hf})}{\chi_{lf}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

Suseptibilitas frekuensi dependent digunakan untuk mengestimasi kontribusi dari kontaminasi superparamagnetik (Bloemendal, 1985). Adanya kontaminasi superparamagnetik dapat dilihat dari hubungan antara nilai suseptibilitas frekuensi rendah χ_{lf} dengan nilai suseptibilitas frekuensi dependent χ_{fd} yang memberikan hubungan negatif atau berbanding terbalik. Jika suseptibilitas frekuensi rendah mempunyai nilai suseptibilitas tinggi, maka suseptibilitas frekuensi dependen akan memberikan nilai yang rendah.

Nilai suseptibilitas dapat dihitung persatuan volume atau persatuan massa. Pada penelitian ini pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan persatuan massa (χ) dengan satuan pengukuran dalam SI, $\chi \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$. Maka berdasarkan nilai χ sampel yang terukur maka dapat ditentukan mineral magnetik dari sedimen tersebut.

1.2.2. Difraksi Sinar X

Difraksi sinar X merupakan metoda mendasar dalam analisis mineralogi batuan sedimen, terutama untuk jenis sedimen berbulir halus.

Difraksi akan terjadi jika beda lintasan sama dengan panjang gelombang :

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad \dots\dots\dots (2)$$

Analisis terhadap data XRD dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Pada analisis kualitatif grafik intensitas terhadap 2θ dianalisa, yaitu dengan menentukan harga 2θ pada posisi puncak yang kemudian dapat dikonversi ke jarak kisi d dengan menggunakan tabel konversi (Hardy & Tucker, 1998). Untuk mengidentifikasi fase kristal, jejak difraksi mineral yang tidak diketahui dibandingkan dengan jejak difraksi standar yang dikeluarkan oleh organisasi internasional,

Joint Commite On Powder Difrraction (JCPDS). Hasil analisa XRD dapat mengidentifikasi kandungan mineralogi yang terdapat dalam sampel.

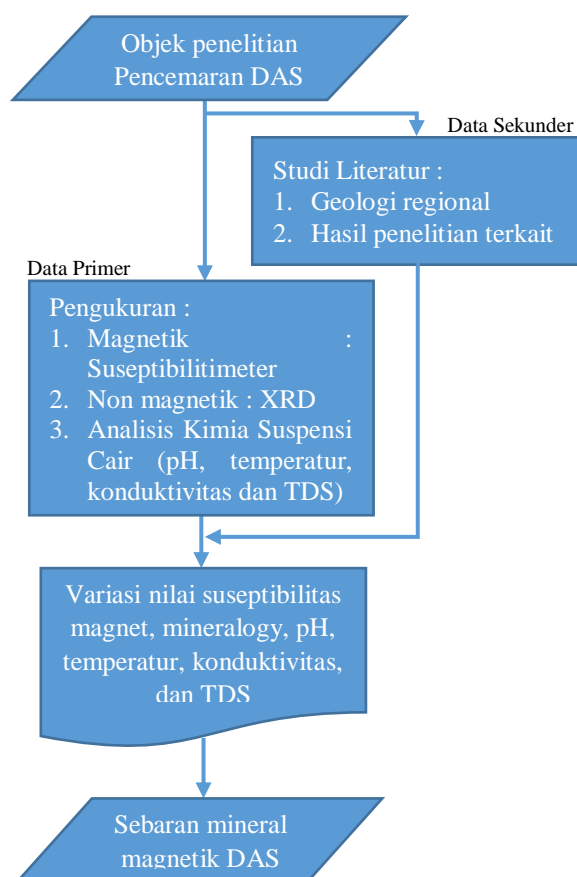
1.3. Sifat fisis air tanah

Air tanah cenderung untuk mencapai kesetimbangan kimia-fisika. Hal ini akan dicapai setelah terjadi proses-proses di dalam air tanah yang berlangsung dari waktu ke waktu.

Properti fisika air tanah yang dapat dikenali di lapangan antara lain : temperatur, derajat keasaman (pH), daya hantar listrik / konduktivitas (DHL), serta total padatan terlarut / total dissolved solid (TDS).

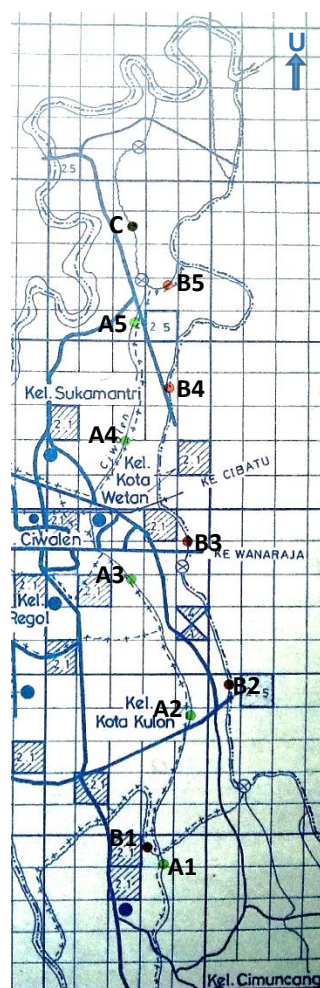
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pengukuran kemagnetan batuan untuk mendapatkan nilai suseptibilitas endapan sedimen di sepanjang daerah aliran sungai. Rancangan penelitian ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Rancangan penelitian

Mineral magnetik yang terkandung pada sampel sedimen yang diambil dari DAS Cikayambang dan Ciayang diharapkan dapat memberikan informasi berupa sebaran mineral magnetik yang berkaitan dengan polutan logam berat. Hasil tersebut diperoleh dari identifikasi suseptibilitimeter, XRD dan analisis kimia suspensi cair. Berdasarkan hasil analisis suseptibilitimeter, pada titik yang mempunyai kandungan Fe tinggi dilakukan analisis XRD yang digunakan untuk mengetahui kandungan mineral sedimen sungai. Sedangkan analisis suspensi cair digunakan sebagai data pendukung. Adapun lokasi pengambilan sampel tersebar di beberapa titik sepanjang aliran sungai Cikayambang dan sungai Ciayang, Kecamatan Garut Kota, Kabupaten Garut, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi pengambilan sampel.

Aliran sungai Cikayambang dan Ciayang mengarah ke utara dan bertemu pada satu titik C di kelurahan Sukamentri.

Sampel yang diamati terdiri dari 11 titik, yaitu :

- Sampel DAS Cikayambang (5 titik)
 - Titik A1, di kelurahan Cimuncang
 - Titik A2, di Jl. Jendral Sudirman
 - Titik A3, di kelurahan Ciwalen
 - Titik A4, di daerah Jangkurang
 - Titik A5, di kelurahan Sukamentri
- Sampel DAS Ciayang (5 titik)
 - Titik B1, di kelurahan Cimuncang
 - Titik B2, di Jl. Jendral Sudirman
 - Titik B3, di Jl. Ahmad Yani
 - Titik B4, di daerah Jangkurang
 - Titik B5, di Tegal Kudi, kelurahan Sukamentri
- Pertemuan DAS Cikayambang dan Ciayang (1 titik)

Titik C berada di kelurahan Sukamentri.

Pada masing-masing titik, sampel yang diteliti meliputi :

- Sampel sedimen sungai (untuk uji suseptibilitimeter dan XRD)
Sampel sedimen untuk tiap titiknya dilakukan pengukuran suseptibilitimeter perkedalaman 5 cm.
- Sampel suspensi cair dari aliran air sungai (untuk analisis kimia)
Sampel suspensi cair untuk tiap titiknya diukur secara insitu dan tidak ada perlakuan khusus.

3. Hasil dan pembahasan

Metode kemagnetan batuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah suseptibilitimeter dan XRD. Suseptibilitimeter digunakan untuk mencari variasi nilai suseptibilitas perkedalaman sampel, sedangkan XRD digunakan untuk analisis mineralogi. Sedangkan analisis suspensi cair digunakan sebagai data pendukung.

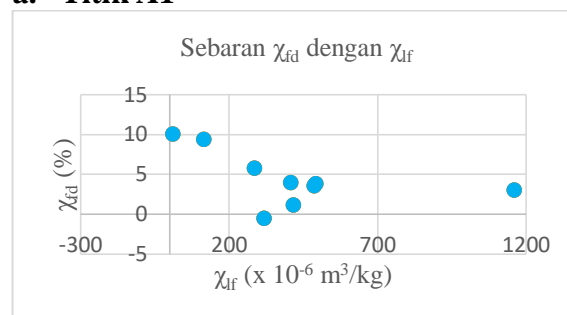
Tahap interpretasi data dilakukan untuk memvisualisasikan profil suseptibilitas magnetik hasil pengukuran kedalam bahasa geologi dan lingkungan yang terkait dengan pendugaan pola sebaran dan kedalaman polutan. Nilai suseptibilitas yang tinggi berasosiasi dengan sedimen yang tercemar dengan polutan berat. Hasil dari analisis kimia suspensi cair di overlay dengan profil suseptibilitas, sehingga bisa diperkirakan daerah awal yang terkontaminasi.

3.1. Suseptibilitas

Data suseptibilitas magnetik yang diolah adalah variasi nilai suseptibilitas magnetik perkedalaman sampel dan sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} .

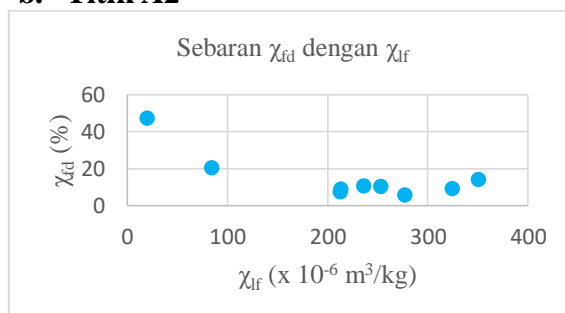
3.1.1. Suseptibilitas sedimen sungai Cikayambang

a. Titik A1



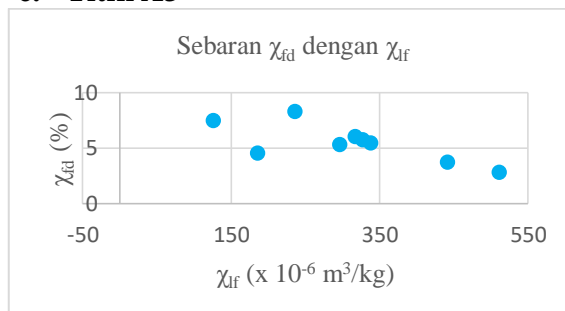
Gambar 3. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik A1.

b. Titik A2



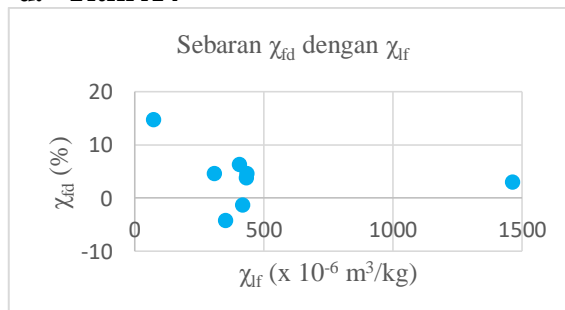
Gambar 4. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik A2.

c. Titik A3



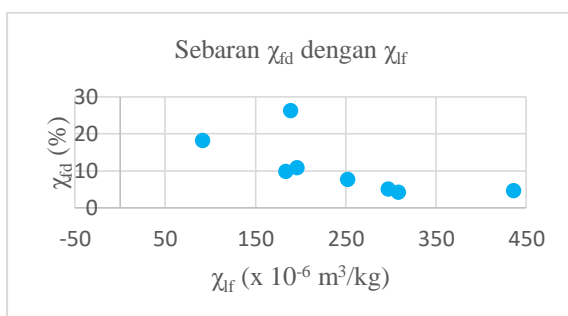
Gambar 5. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik A3.

d. Titik A4

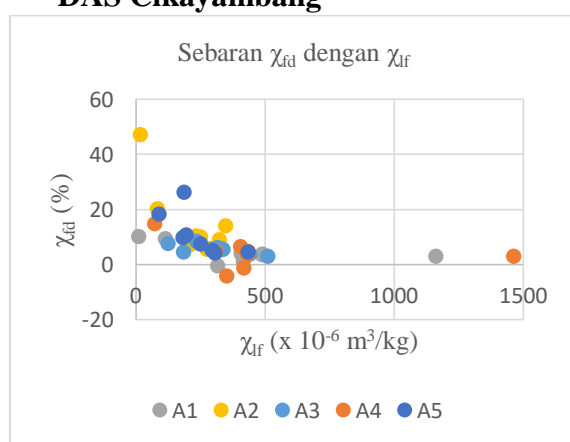


Gambar 6. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik A4.

e. Titik A5

Gambar 7. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik A5.

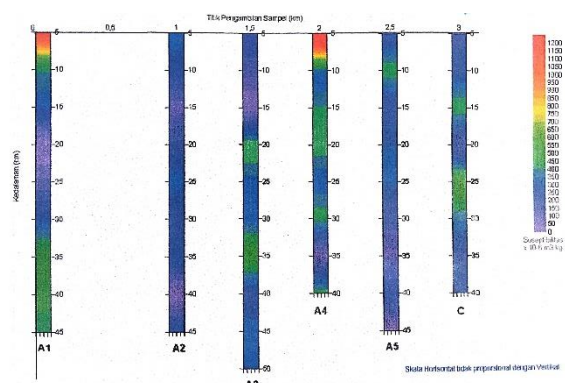
f. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} sepanjang DAS Cikayambang

Gambar 8. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} sepanjang aliran sungai Cikayambang.

Pada sepanjang aliran sungai Cikayambang, untuk tiap titik pengambilan sampel (yaitu titik A1, A2, A3, A4 dan A5) menunjukkan adanya pola distribusi suseptibilitas frekuensi depend χ_{fd} dengan frekuensi rendah χ_{lf} yang negatif atau berbanding terbalik. Semakin besar nilai suseptibilitas frekuensi dependen maka semakin kecil nilai suseptibilitas frekuensi rendahnya. Hal ini menunjukkan adanya kontribusi kontaminan superparamagnetik pada sungai Cikayambang.

g. Profil suseptibilitas magnetik sungai Cikayambang

Profil sebaran suseptibilitas magnetik pada sungai Cikayambang dapat diperoleh dengan menggunakan Golden Software Surfer 8.



Gambar 9. Profil suseptibilitas magnetik sepanjang aliran sungai Cikayambang (Line A).

Berdasarkan profil suseptibilitas magnetik sungai Cikayambang (Line A) tersebut dapat terlihat bahwa pada titik A1 dan A4 terdapat sampel yang mempunyai nilai suseptibilitas tinggi, dengan nilai tertinggi mencapai $1464,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral ferrimagnetik, yaitu magnetite dengan kandungan Fe 72%.

Pada titik A1 (hulu sungai Cikayambang) pada kedalaman 5 cm nilai suseptibilitas magnetik sudah tinggi $1163,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk ke dalam bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72 %.

Selain logam besi, pada kedalaman 20 cm diketemukan Pyrrhotite yang menandakan adanya kandungan Sulfur. Adanya mineral magnetite dengan kandungan Fe 72% pada titik A1 memberikan informasi bahwa daerah tersebut telah terkontaminasi oleh logam berat. Hipotesa awal, pada daerah tersebut belum terkontaminasi oleh logam berat karena tempatnya jauh sebelum industri penyamakan kulit. Setelah mengkaji kondisi regional, ternyata aliran sungai Cikayambang sebelum melewati industri penyamakan kulit terlebih dahulu melewati industri logam. Sehingga besar kemungkinan bahwa mineral magnetik tersebut berasal dari industri logam berat yang berada di atasnya. Dilihat dari perbedaan nilai suseptibilitas antara kedalaman 5 cm dengan kedalaman di bawahnya sangat kontras, menunjukkan

bahwa limbah dari industri logam tersebut banyak terdistribusi di dekat permukaan.

Pada titik A2, merupakan posisi awal adanya industri penyamakan kulit, nilai suseptibilitas sedimen menurun jika dibandingkan titik A1. Nilai suseptibilitas paling tinggi pada titik A2 adalah $350,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$, yang merupakan mineral maghemite dan termasuk ke dalam bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 70%. Penurunan nilai suseptibilitas magnetik pada titik A2 terjadi karena mineral magnetik yang ada pada titik A1 telah tersedimentasi sebelum mencapai titik A2.

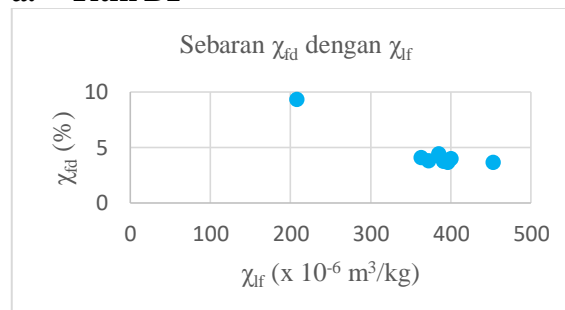
Pada titik A3, merupakan daerah pertengahan industri penyamakan kulit, nilai suseptibilitas mulai mengalami peningkatan dengan nilai suseptibilitas tertinggi $543 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72%. Pembuangan limbah industri kulit mulai memberikan kontribusi yang besar terhadap adanya kontaminan logam berat di sungai tersebut. Hal ini terlihat dengan adanya peningkatan kandungan Fe pada sedimen sungai dari 70% menjadi 72%. Pada titik A3 juga muncul kontaminan lain yaitu mineral Pyrrhotite yang menunjukkan keberadaan Sulfur, serta munculnya mineral titanohaematite yang menunjukkan telah terjadi korosi pada logam berat yang ada pada sedimen sungai tersebut. Berdasarkan tingginya kandungan Fe (72%), adanya Sulfur dan terjadinya korosi maka kemungkinan besar industri penyamakan kulit telah mencemari sungai Cikayambang. Pada titik A4, posisi akhir industri penyamakan kulit, nilai suseptibilitas meningkat dengan nilai tertinggi $1464,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72%. Naiknya nilai suseptibilitas menunjukkan adanya peningkatan kandungan Fe yang juga berasosiasi dengan peningkatan kehadiran kontaminan. Selain magnetite, mineral Pyrrhotite pun masih muncul.

Pada titik A5, sebelum pertemuan sungai Cikayambang dan Ciayang, nilai suseptibilitas kembali mengalami penurunan dengan nilai tertinggi $436,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral maghemite termasuk ke dalam bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 70%. Kontaminan yang terlarut pada air sungai telah tersedimentasi selama perjalanannya menuju titik A5.

Pada titik C, pertemuan Cikayambang dan Ciayang, nilai suseptibilitas mengalami peningkatan lagi dengan nilai tertinggi $511,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72%. Hal ini dapat terjadi karena sedimen pada titik C berasal dari campuran sedimen kedua sungai.

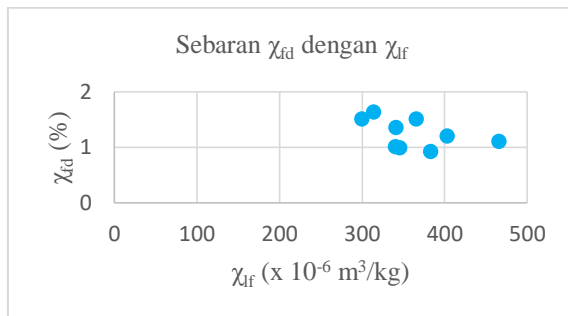
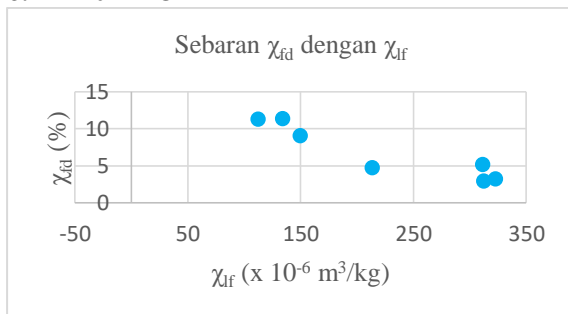
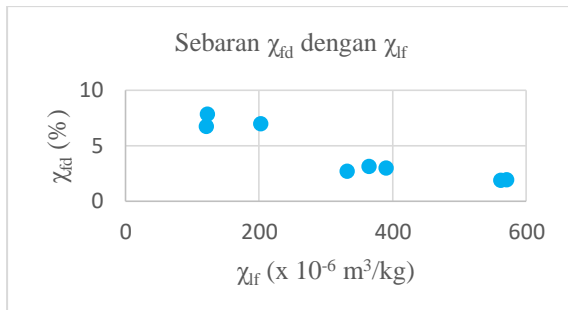
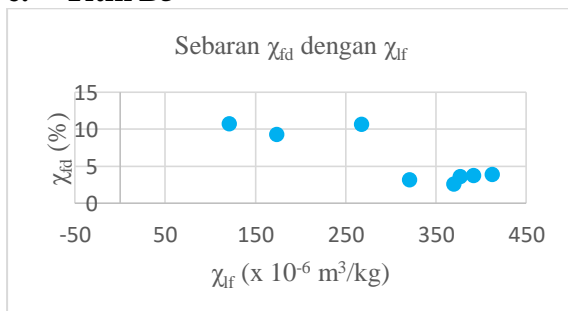
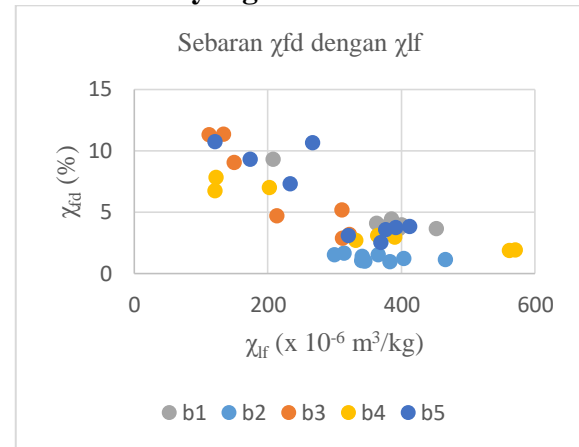
3.1.2. Suseptibilitas sedimen sungai Ciayang

a. Titik B1



Gambar 10. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik B1.

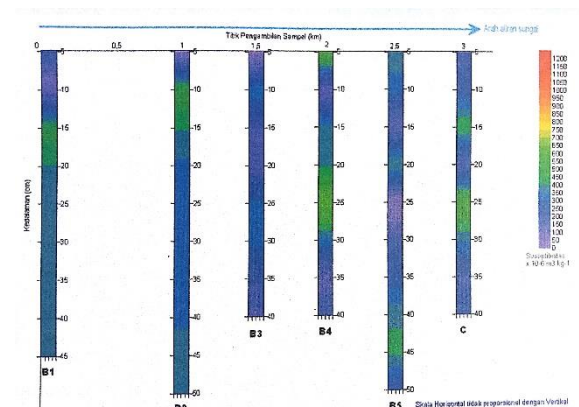
b. Titik B2

Gambar 11. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik B2.**c. Titik B3**Gambar 12. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik B3.**d. Titik B4**Gambar 13. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik B4.**e. Titik B5**Gambar 14. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik B5.**f. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} sepanjang DAS Ciayang**Gambar 15. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} sepanjang aliran sungai Ciayang.

Pola distribusi suseptibilitas frekuensi dependent terhadap frekuensi rendah menunjukkan hubungan yang negatif atau berbanding terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa benar terdapat kontribusi kontaminan superparamagnetik pada sungai Ciayang.

g. Profil suseptibilitas magnetik sungai Ciayang

Profil sebaran suseptibilitas magnetik pada sungai Ciayang dapat diperoleh dengan menggunakan Golden Software Surfer 8.



Gambar 16. Profil suseptibilitas magnetik sepanjang aliran sungai Ciayang (Line B).

Berdasarkan profil suseptibilitas magnetik sungai Ciayang (Line B), terlihat bahwa pada titik B1 nilai suseptibilitas magnetik

palaing tinggi mencapai $453,1 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral maghemite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan besi 70%. Selain adanya kandungan logam besi juga terdapat kandungan Sulfur dengan diketemukannya mineral Pyrrhotite pada kedalaman 10 cm.

Pada titik B2 nilai suseptibilitas magnetik meningkat dengan nilai paling tinggi mencapai $466,4 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72%. Kemungkinan peningkatan nilai suseptibilitas diakibatkan oleh limbah buangan industri kulit. Mineral Pyrrhotite pun diketemukan pada permukaan sedimen. Pada titik B3, nilai suseptibilitas menurun yaitu dengan nilai tertinggi $322,8 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral maghemite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan besi 70%. Hipotesa awal, pada pertengahan industri makanan kulit ini nilai suseptibilitas akan meningkat karena diperkirakan jumlah buangan limbah kulit paling banyak. Akan tetapi hasil pengolahan data menunjukkan hasil yang sebaliknya. Hal ini terjadi karena kondisi titik pengambilan sampel berada pada tempat dengan kecepatan aliran sungai yang tinggi. Sehingga partikel yang terkandung akan terus terbawa oleh arus air sungai. Akan tetapi, meskipun nilai suseptibilitas menurun, kehadiran Pyrrhotite masih tetap muncul di permukaan sedimen.

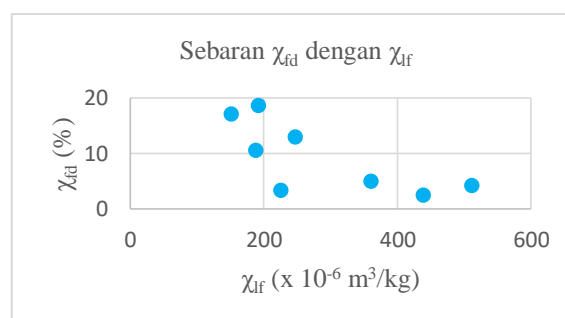
Pada titik B4 nilai suseptibilitas meningkat kembali dengan nilai tertinggi $571,4 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72%. Mineral magnetik yang terbawa arus dari titik B3 akhirnya tersedimentasi di sekitar titik B4. Selain magnetite, mineral Pyrrhotite pun masih muncul.

Pada titik B5 nilai suseptibilitas menurun dengan nilai tertingginya $412,8 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral maghemite dan termasuk bahan

ferrimagnetik dengan kandungan besi 70%. Pada pengambilan sampel B5 terdapat banyak sedimen sungai yang terendapkan, sehingga kemungkinan besar kontaminan yang mengandung mineral magnetik dengan suseptibilitas tinggi berada pada lapisan yang lebih dalam.

Pada sungai Ciayang ini mineral Pyrrhotite selalu muncul pada tiap pengambilan sampel, berbeda dengan komposisi mineral magnetik sungai Cikayambang. Sehingga kontaminan yang dominan muncul pada sungai Ciayang adalah Sulfur yang mungkin diakibatkan oleh buangan limbah makanan kulit.

3.1.3. Suseptibilitas sedimen pertemuan kedua sungai



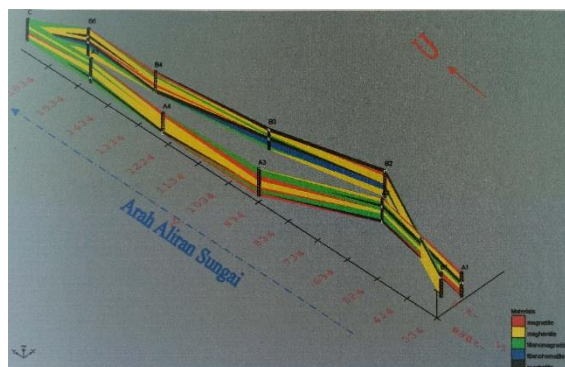
Gambar 17. Sebaran χ_{fd} dengan χ_{lf} untuk titik pertemuan kedua sungai.

Pola distribusi suseptibilitas frekuensi dependent terhadap frekuensi rendah menunjukkan hubungan yang negatif atau berbanding terbalik, yang menunjukkan adanya kontribusi kontaminan superparamagnetik pada pertemuan sungai Cikayambang dan Ciayang.

Pada titik C, pertemuan Cikayambang dan Ciayang, nilai suseptibilitas mengalami peningkatan lagi dengan nilai tertinggi $511,7 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ yang merupakan mineral magnetite dan termasuk bahan ferrimagnetik dengan kandungan Fe 72%. Hal ini dapat terjadi karena sedimen pada titik C berasal dari campuran sedimen kedua sungai.

3.1.4. Perbandingan mineral magnetik sungai Cikayambang dan Ciayang

Perbedaan mineral magnetik sungai Cikayambang dan Ciayang terlihat dalam gambar 18 berikut :



Gambar 18. Pola sebaran mineral magnetik sepanjang aliran sungai Cikayambang (Line A) dan sungai Ciayang (Line B).

Berdasarkan pola sebaran mineral magnetik menunjukkan bahwa sungai Cikayambang lebih banyak mengandung mineral magnetite dengan kandungan Fe 72%, yang berarti bahwa sungai Cikayambang lebih tercemar dibanding sungai Ciayang. Sedangkan pola sebaran mineral magnetik pada sungai Ciayang lebih didominasi oleh Pyrrhotite. Hal tersebut mungkin terjadi karena adanya perbedaan zat kimia yang digunakan untuk produksi jaket kulit pada sungai Cikayambang dan produksi makanan kulit pada sungai Ciayang.

3.2. XRD

Sampel yang dianalisis XRD adalah sampel titik A1 kedalaman 5 cm, A4 kedalaman 5 cm, B4 kedalaman 25 cm dan C kedalaman 25 cm.

Data yang diperoleh dari metoda XRD untuk tiap titik sampel adalah 2θ dan intensitasnya. Berdasarkan analisis XRD didapat mineralogi untuk tiap sampel yang diuji adalah seperti berikut :

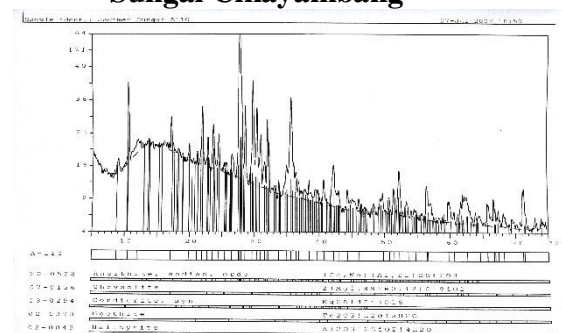
Tabel. 1. Mineralogi sampel hasil analisis XRD.

A1_5 cm	A4_5 cm	B4_25 cm	C_25 cm
Anorthite	Anorthite	Anorthite	Anorthite

Chrysolite	Calcite	Calcite	Calcite
Cordierite	Diopside	Halloysite	Cordierite
Geothite	Magnetite	Magnetite	Magnetite,
Halloysite			Syn

Sampel yang diuji terlihat mengandung logam berat seperti Al, Mg dan Fe. Pada titik A4, B4 dan C terdapat kandungan mineralogi magnetite. Diketemukannya logam berat dalam sampel ini memperkuat hasil analisis suseptibilitimeter yang menginformasikan adanya kontaminan logam berat. Bahkan hasil analisis XRD dapat mengidentifikasi logam berat yang terkandung dalam sampel sedimen.

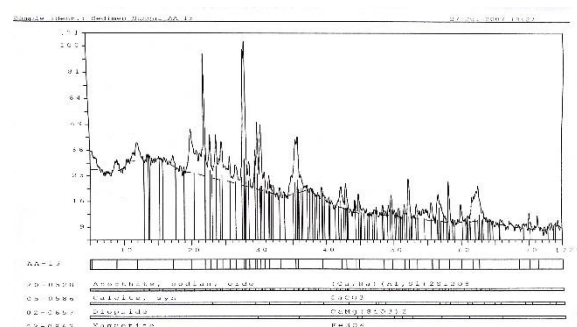
3.2.1. Kandungan mineralogi sedimen Sungai Cikayambang



Gambar 19. Hasil analisa XRD untuk titik A1_5.

Pada titik A1 kedalaman 5 cm teridentifikasi mineral :

- Anorthite, $(Ca, Na) (Al, Si) 2Si_2O_8$
- Chrysolite, $2(MgO.88FeO.12) OSiO_2$
- Cordierite, $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
- Geothite, $Fe_2O_3.H_2O.xH_2O$
- Halloysite, $Al_2O_3.2SiO_2.4H_2O$

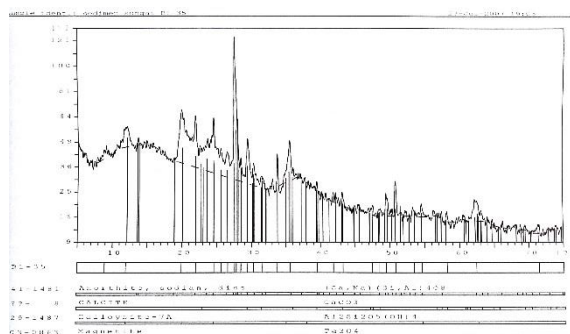


Gambar 20. Hasil analisa XRD untuk titik A4_5.

Pada titik A4 kedalaman 5 cm teridentifikasi mineral :

- Anorthite, $(Ca, Na)(Al, Si)_2Si_2O_8$
- Calcite, $CaCO_3$
- Diopside, $CaMg(SiO_3)_2$.
- Magnetite, Fe_3O_4

3.2.2. Kandungan mineralogi sedimen Sungai Ciayang

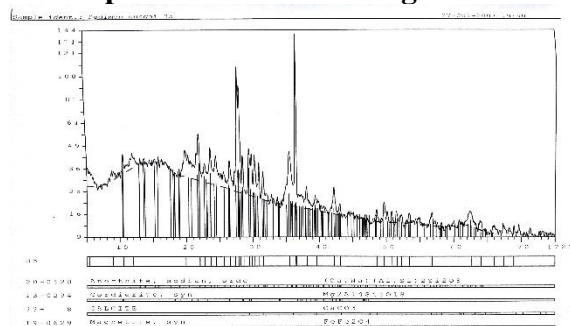


Gambar 21. Hasil analisa XRD untuk titik B4_25.

Pada titik B4 kedalaman 25 cm teridentifikasi mineral :

- Anorthite, $(Ca, Na)(Si, Al)_4O_8$
- Calcite, $CaCO_3$
- Halloysite, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$.
- Magnetite, Fe_3O_4

3.2.3. Kandungan mineralogi pertemuan kedua sungai



Gambar 22. Hasil analisa XRD untuk titik C_25.

Pada titik C kedalaman 25 cm teridentifikasi mineral :

- Anorthite, $(Ca, Na)(Si, Al)_4O_8$
- Cordierite, $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
- Calcite, $CaCO_3$
- Magnetite, Syn, $FeFe_2O_4$

3.3. Analisis Suspensi Cair

Analisis kimia suspensi cair sungai dilakukan sebagai data pendukung untuk memperkuat hasil pengukuran dan pengolahan data suseptibilitimeter dan XRD. Besaran yang diukur dalam analisis kimia suspensi cair adalah pH, temperatur, konduktivitas, dan TDS untuk tiap titik pengambilan sampel.

3.3.1. Analisis suspensi cair Sungai Cikayambang

Tabel 2. Analisis kimia suspensi cair sungai Cikayambang.

Titik	pH	To (oC)	T (oC)	Cond ($\mu S/cm$)	TDS (.1000 ppm)
A1	7,58	19,8	21,4	296	148
A2	7,84	20,7	21,1	256	128
A3	9,30	19,5	20,7	950	485
A4	8,07	21,9	23,8	956	478
A5	8,08	21,6	23,9	1046	523
C	7,94	21,8	25	770	383

pH mencapai nilai yang paling tinggi pada titik A3. Pengukuran pH dilakukan secara insitu, sehingga tingginya pH pada titik A3 dipengaruhi oleh limbah buangan industri penyamakan kulit.

Temperatur air yang tinggi (lebih tinggi dari temperatur udara) dapat mempercepat semua proses kimiawi. Pada tabel terlihat bahwa pada seluruh titik pengambilan sampel terjadi kenaikan temperatur. Ini berarti bahwa di dalam air sungai tersebut banyak terjadi reaksi kimia yang disebabkan oleh banyaknya unsur-unsur kimia yang berkaitan dengan keberadaan kontaminan.

Konduktivitas dan TDS terus meningkat untuk tiap titik pengambilan sampel. Peningkatan nilai konduktivitas memberikan informasi banyaknya kontaminan yang terkandung dalam air sungai. Kontaminan terus bertambah hingga titik A5.

3.3.2. Analisis suspensi cair Sungai Ciayang

Tabel 3. Analisis kimia suspensi cair sungai Ciayang.

Titik	pH	To (oC)	T (oC)	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (.1000 ppm)
B1	7,45	19,8	20,1	236	119
B2	8,3	20,3	20,9	672	336
B3	8,4	21,7	23,4	687	343
B4	8,44	21,8	23,0	816	409
B5	7,45	23	24,8	804	402
C	7,46	21,8	23	770	383

pH yang diperoleh masih berada dalam rentang batas aman yaitu dari 6 – 8. Meskipun demikian, tetap terlihat adanya perbedaan derajat keasaman untuk tiap titik. Pada saat memasuki industri makanan kulit pH bertambah yang menunjukkan adanya pengaruh oleh limbah buangan industri makanan kulit.

Temperatur air yang tinggi (lebih tinggi dari temperatur udara) dapat mempercepat semua proses kimiawi. Pada tabel terlihat bahwa pada seluruh titik pengambilan sampel mempunyai suhu air yang lebih tinggi dari suhu udara.

Mulai dari titik B1 konduktivitas dan TDS terus meningkat untuk tiap titik pengambilan sampel. Peningkatan nilai konduktivitas memberikan informasi banyaknya kontaminan yang terkandung dalam air sungai. Nilai konduktivitas dan TDS yang paling tinggi pada titik B4, sehingga dapat diprediksi bahwa kontaminan lebih terkonsentrasi pada titik B4.

4. Kesimpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- Mineral magnetik yang muncul sepanjang aliran sungai Cikayambang dan Ciayang adalah magnetite, maghemite, titanomagnetite, titanomaghemite dan pyrrhotite.
- Komposisi mineral magnetik yang dominan pada sungai Cikayambang adalah magnetite (Fe_3O_4) dengan kandungan Fe 72%. Sedangkan pada aliran sungai Ciayang adalah maghemite dengan kandungan Fe 70%.

Berdasarkan kandungan Fe dapat ditentukan bahwa sungai Cikayambang lebih terkontaminasi dibanding sungai Ciayang.

- Hasil analisa XRD mengidentifikasi logam berat Al, Mg dan Fe pada sampel sedimen. Komposisi mineralogi hasil XRD hampir sama dengan hasil analisa suseptibilitimeter, yaitu mineral Calcite, Alkali Feldspar, dan magnetite.
- Hasil analisis suspensi cair mendukung adanya kontaminan pada aliran sungai yang ditunjukkan oleh nilai pH yang tinggi, temperatur air yang lebih tinggi dari temperatur udara, serta konduktivitas dan TDS yang semakin meningkat pada daerah industri kulit.

5. Daftar Pustaka

- Abi, 2007, *Pencemaran Limbah Penyamakan Kulit Garut Tinggi*, Republika Online. http://202.155.15.208/online_detail.asp?id=287021&kat_id=23.
- Agustine, E., 1998, *Karakterisasi Mineral Magnetik Menggunakan Metoda SEM dan XRD untuk Identifikasi Perubahan Lingkungan, Studi Kasus DAS Cikapundung, Jawa Barat*, thesis Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Buttler, R. F., 1992, *Magnetic Domain to Geologic Terrenes : Ferromagnetic Minerals*, Blackwell Scientific Pub., USA.
- Hardy, R. G. and M. Tucker, 1998, *X-ray Powder Diffraction of Sediments*, in *Techniques Sedimentology* edited by Maurice Tucker, Blackwell, London.